

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02006/095659

発行日 平成20年8月14日(2008.8.14)

(43) 国際公開日 **平成18年9月14日(2006.9.14)**

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1T 1/26 (2006.01)	GO1T 1/26	2G088
GO1T 3/08 (2006.01)	GO1T 3/08	4M118
GO1T 1/24 (2006.01)	GO1T 1/24	
GO1T 1/29 (2006.01)	GO1T 1/29 C	
HO1L 27/14 (2006.01)	HO1L 27/14 K	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 17 頁) 最終頁に続く

出願番号	特願2007-507088 (P2007-507088)	(71) 出願人	503360115 独立行政法人科学技術振興機構 埼玉県川口市本町4丁目1番8号
(21) 国際出願番号	PCT/JP2006/304137	(71) 出願人	000205627 大阪府 大阪府大阪市中央区大手前2丁目1番22号
(22) 国際出願日	平成18年3月3日(2006.3.3)	(71) 出願人	505127721 公立大学法人大阪府立大学 大阪府堺市中央区学園町1-1
(31) 優先権主張番号	特願2005-62794 (P2005-62794)	(74) 代理人	100107308 弁理士 北村 修一郎
(32) 優先日	平成17年3月7日(2005.3.7)	(74) 代理人	100128901 弁理士 東 邦彦
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 中性子検出装置及び中性子イメージングセンサ

(57) 【要約】

簡単な装置構成の変更で感度及び時間分解能の調節が可能な中性子検出装置を提供する。

少なくとも一方の表面が誘電体材料11で形成された基材10と、表面上に形成される超伝導材料のストリップライン2と、ストリップライン2の両端部分に形成された電極部1とを有する超伝導素子20と、ストリップライン2中の超伝導元素と中性子との核反応による発熱を、ストリップライン2の抵抗値の変化で測定する抵抗測定手段と、ストリップライン2が形成された表面とは反対側の基材の裏面部に、核反応による発熱の放熱性を調節する放熱調節手段5とを有する中性子検出素子部を複数備え、中性子検出素子部間で放熱性を互いに異ならせている。

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

少なくとも一方の表面が誘電体材料で形成された基材と、前記表面上に形成される超伝導材料のストリップラインと、前記ストリップラインの両端部分に形成された電極部とを有する超伝導素子と、

前記ストリップライン中の超伝導元素と中性子との核反応による発熱を、前記ストリップラインの抵抗値の変化で測定する抵抗測定手段と、

前記ストリップラインが形成された前記表面とは反対側の前記基材の裏面部に、前記核反応による発熱の放熱性を調節する放熱調節手段とを有する中性子検出素子部を複数備え、

前記中性子検出素子部間で前記放熱性を異ならせている中性子検出装置。

【請求項 2】

前記複数の中性子検出素子部が同一の前記基材上に設けられている請求項 1 記載の中性子検出装置。

【請求項 3】

前記中性子検出素子部を 3 個以上備え、前記中性子検出素子部間で前記放熱性を 3 段階以上に異ならせている請求項 1 記載の中性子検出装置。

【請求項 4】

前記基材の前記裏面部の厚さの設定により前記放熱調節手段が構成されている請求項 1 記載の中性子検出装置。

【請求項 5】

前記中性子検出素子部間で、前記基材の前記裏面部の厚さが互いに異なる請求項 1 記載の中性子検出装置。

【請求項 6】

前記抵抗測定手段は、前記複数の中性子検出素子部のそれぞれについて個別に抵抗値を測定する請求項 1 記載の中性子検出装置。

【請求項 7】

前記複数の中性子検出素子部の中の一部が、前記放熱調節手段による前記放熱性を他の前記中性子検出素子部より良くして時間分解能を向上させた分解能優先型の中性子検出素子部である 1 記載の中性子検出装置。

【請求項 8】

前記複数の中性子検出素子部の中の一部が、前記放熱調節手段による前記放熱性を他の前記中性子検出素子部より悪くして感度を向上させた感度優先型の中性子検出素子部である 1 記載の中性子検出装置。

【請求項 9】

前記超伝導材料が MgB_2 を含み、前記ストリップライン中の ^{10}B が中性子と核反応するように構成されている請求項 1 記載の中性子検出装置。

【請求項 10】

前記ストリップラインがメアング形状に形成されている請求項 1 記載の中性子検出装置。

【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 の何れか一項に記載の中性子検出素子部を複数個アレイ状に並べて配置した中性子イメージングセンサ。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、複数の中性子検出素子部を備える中性子検出装置及び中性子イメージングセンサに関する。

【背景技術】**【0002】**

10

20

30

40

50

従来から、超伝導転移温度の高い材料を利用した装置の開発が行われている。超伝導転移温度の高い超伝導材料として、超伝導転移温度が39 Kである MgB_2 が知られている。そして、例えば、 ^{10}B を構成材料として含むエネルギーギャップの大きな ^{10}B を濃縮した MgB_2 を中性子検出プレートとし、この検出プレートに、中性子が入射した際発生する線により発生するフォノンを検出するように構成されたものがある（例えば、特許文献1を参照）。

【0003】

また、シンチレータ板を用いて中性子を二次元的に検出することのできる中性子イメージングセンサも提案されている。このような中性子イメージングセンサは、中性子が入射した際に発光するシンチレータ板と、シンチレータ板に面して二次元的に設けられた波長シフトファイバとを備えることで、二次元的な中性子検出が可能となっている（例えば、特許文献2を参照）。

【特許文献1】特開2003-14861号公報

【特許文献2】特開2002-71816号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来の中性子検出装置は、単純に中性子を検出することを目的とした汎用的なものである。したがって、検出感度を犠牲にしても時間分解能が必要な用途や、時間分解能を犠牲にしても検出感度が必要な用途など、様々な用途に応じて構成されたものではない。

本願に係る中性子検出装置の用途としては、例えば、中性子回折を用いて物質の構造を解析するために用いる場合等がある。この用途にあっては、低強度の中性子源を用いて長時間の観測を行うとき、時間分解能は低くても検出感度の高い中性子検出装置が必要になる。また、高強度の中性子源を用いて短時間の観測を行うとき、中性子源自体が高強度であることから検出感度が低くても良く、時間分解能が高い中性子検出装置が必要になる。

【0005】

このように従来の中性子検出装置では、中性子検出の高感度及び高時間分解能といった用途に合ったものではなく、どのような構成にすれば簡単に中性子検出の高感度及び高時間分解能を実現できるかについても不明である。また、中性子検出を二次元的に行うことも求められるが、二次元的な中性子検出を良好な感度及び時間分解能で実施できていないという問題もある。

【0006】

本発明は、上記の課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、簡単な装置構成の変更で感度や時間分解能の調節が可能で中性子検出装置及び中性子イメージングセンサを提供する点にある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するための本発明に係る中性子検出装置の特徴構成は、少なくとも一方の表面が誘電体材料で形成された基材と、前記表面上に形成される超伝導材料のストリップラインと、前記ストリップラインの両端部分に形成された電極部とを有する超伝導素子と、前記ストリップライン中の超伝導元素と中性子との核反応による発熱を、前記ストリップラインの抵抗値の変化で測定する抵抗測定手段と、前記ストリップラインが形成された前記表面とは反対側の前記基材の裏面に、前記核反応による発熱の放熱性を調節する放熱調節手段とを有する中性子検出素子部を複数備え、前記中性子検出素子部間で、前記放熱性を互いに異ならせている点にある。

【0008】

上記特徴構成によれば、放熱調節手段が、ストリップライン中の超伝導元素と中性子との核反応による発熱の放熱性を調節するように構成されている。放熱調節手段によって放熱性を調節することで、核反応によって発生する熱量は同じであっても、ストリップラインの付近で滞留する熱量の大きさ、及び、滞留期間が異なってくる。そして、放熱性を良

10

20

30

40

50

くすることで、ストリップラインの付近で滞留する熱量は小さくなるものの、熱の滞留期間が短くなるので、ストリップライン中の超伝導元素と中性子との核反応の時間分解能を向上させることができる。また、放熱性を悪くすることで、ストリップラインの付近での熱の滞留期間が長くなるものの、滞留する熱量が大きくなるので、ストリップライン中の超伝導元素と中性子との核反応の検出感度を高くすることができる。

【0009】

更に、中性子検出素子部間で核反応による発熱の放熱性が互いに異なるので、放熱性が良いことで時間分解能に優れる超伝導素子と、放熱性が悪いことで検出感度に優れる超伝導素子とを共に有する中性子検出装置を得ることができる。

【0010】

ここで、前記複数の中性子検出素子部が同一の前記基材上に設けられていると好適である。

この構成によれば、例えばシリコン基板等を前記基材として用いることで、同一基材上に半導体製造プロセスにより、中性子検出素子部を高密度に集積した中性子検出装置を得ることができる。

【0011】

また、前記中性子検出素子部を3個以上備え、前記中性子検出素子部間で前記放熱性を3段階以上に異ならせた構成とすることもできる。

この構成によれば、3段階以上の時間分解能及び検出感度で中性子の検出を行うことができる。したがって、検出対象の中性子の量や強度が様々に変化する場合であっても単一の装置によって適切に中性子の検出を行うことが可能となる。

【0012】

また、前記基材の前記裏面部の厚さの設定により前記放熱調節手段が構成されていると好適である。

この構成によれば、例えば半導体製造プロセスにより中性子検出素子部を製造する際において、前記基材の裏面部をエッチングする深さを調節することにより、比較的容易に前記放熱調節手段を形成することが可能となる。

【0013】

また、前記中性子検出素子部間で、前記基材の前記裏面部の厚さが互いに異なる構成であると好適である。

更に、前記抵抗測定手段は、前記複数の中性子検出素子部のそれぞれについて個別に抵抗値を測定する構成であると好適である。

【0014】

また、前記複数の中性子検出素子部の中の一部が、前記放熱調節手段による前記放熱性を他の前記中性子検出素子部より良くして時間分解能を向上させた分解能優先型の中性子検出素子部である構成であると好適である。

また、前記複数の中性子検出素子部の中の一部が、前記放熱調節手段による前記放熱性を他の前記中性子検出素子部より悪くして感度を向上させた感度優先型の中性子検出素子部である構成であると好適である。

【0015】

これらの構成によれば、時間分解能に優れる超伝導素子と検出感度に優れる超伝導素子とを共に有する中性子検出装置を得ることができる。したがって、検出対象の中性子の量や強度が変化する場合であっても単一の装置によって適切に中性子の検出を行うことが可能となる。

【0016】

また、前記超伝導材料が MgB_2 を含み、前記ストリップライン中の ^{10}B が中性子と核反応するように構成されていると好適である。

【0017】

この構成によれば、ストリップラインを構成する超伝導材料が、高い温度で超伝導転移温度を示す MgB_2 を含むので、ストリップラインを冷却するための冷却装置を大規模な

10

20

30

40

50

ものとする必要がない利点がある。

【0018】

また、前記ストリップラインがメアンダ形状に形成されていると好適である。

【0019】

この構成によれば、ストリップラインがメアンダ形状に形成されるので、細幅のストリップラインが面状に形成されることになる。その結果、ストリップラインを構成する超伝導材料と中性子が核反応する確率を高めることができる。

【0020】

上記目的を達成するための本発明に係る中性子イメージングセンサの特徴構成は、上記の構成を備える中性子検出素子部を複数個アレイ状に並べて配置した点にある。

10

【0021】

この特徴構成によれば、中性子検出素子部がアレイ状に二次元的に並べて配置されるので、二次元的に広い範囲に渡って、中性子を高い検出感度及び高い時間分解能で検出することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

本願に係る中性子検出装置は、複数の中性子検出素子部21を備えて構成される。よって、先ず、単一の中性子検出素子部21の構成から説明する。

図1に示すのは、超伝導素子20を有する中性子検出素子部21の概略図であり、図2に示すのは、図1の線分A-Aにおける縦断面図である。

20

【0023】

図1及び図2に示すように、超伝導素子20は、少なくとも一方の表面が誘電体材料で形成された基材10と、その表面上に形成されるMgB₂を含む超伝導材料のストリップライン2と、そのストリップライン2の両端部分に形成された電極部1とを有する。そして、ストリップライン2中の¹⁰Bと中性子が核反応すると、その核反応による発熱によって、上記ストリップライン2に抵抗値の変化が現れることになる。ストリップライン2の抵抗値の変化は、電流部16が、ストリップライン2を超伝導転移温度：T_c付近又はそれ以下の温度に冷却した状態で上記電極部1間に電流を流し、電圧部17が、ストリップライン2の電位差を測定することで、信号処理部18によって導出される。或いは、電圧部17が、上記ストリップライン2を超伝導転移温度：T_c付近又はそれ以下の温度に冷却した状態で上記電極部1間に定電圧を印加し、電流部16が、ストリップライン2の電流を測定することで、信号処理部18によって導出される。よって、電流部16、電圧部17及び信号処理部18が抵抗測定手段として機能する。

30

【0024】

図3に示すのは、ストリップライン2を形成する前のMgB₂の温度と抵抗値との関係を示す図である。

ストリップライン2の超伝導材料は、超伝導転移温度：T_c以下では電気抵抗がほぼ零となり、熱エネルギーの影響を受けて温度がT_cだけ上昇して超伝導転移温度：T_c以上になると、電気抵抗：R_Nが生じる。また、ストリップライン2の超伝導材料を冷却して超伝導転移温度：T_c以下になると、再び電気抵抗がほぼ零となる。例えば、ストリップライン2を超伝導転移温度：T_c以下に冷却している状態において、ストリップライン2中の¹⁰Bと中性子が核反応することで発熱があったときには、再びストリップライン2が超伝導転移温度：T_c以下になるまで電気抵抗が生じることになる。つまり、ストリップライン2の抵抗値を測定することで、ストリップライン2中の¹⁰Bと中性子が核反応したか否かを検出できる。言い換えると、ストリップライン2の抵抗値を測定することで、中性子の検出を行うことができる。

40

【0025】

また図2に示すように、この超伝導素子20では、ストリップライン2が形成された表面とは反対側の基材10の裏面部に、上述の核反応による発熱の放熱性を調節する放熱調節手段5が設けられている。図3に示す、ストリップライン2における温度と抵抗値との

50

関係から分かるように、ストリップライン 2 における核反応によって発熱が生じると、ストリップライン 2 の温度が上昇して抵抗値が上昇する。そして、核反応による熱が放熱されると、ストリップライン 2 の温度が低下して抵抗値が減少する。つまり、放熱調節手段 5 によって、ストリップライン 2 において発生した熱の放熱性が良くなるように調節すると、核反応による熱が素早く放熱されてストリップライン 2 の温度も素早く低下するため、中性子検出の時間分解能が向上する。また、放熱調節手段 5 によって、ストリップライン 2 において発生した熱の放熱性が悪くなるように調節すると、核反応による熱が局所的に滞留してストリップライン 2 の温度も長時間上昇し易くなるため、中性子検出の感度が向上する。

【 0 0 2 6 】

次に、図 4 から図 10 を参照して、図 1 及び図 2 に例示した超伝導素子 20 の製造工程について説明する。

図 4 に示すのは、超伝導素子 20 の基材 10 となる構造である。この基材 10 は、Si 層 13 (厚さ 400 μm) の両面を SiO₂ 層 12、14 (厚さ 300 nm) で挟んだ構造の上に、SiN 層 11 (厚さ 1 μm) を成膜したものである。よって、SiO₂ 層 12 及び SiN 層 11 の積層構造が、ストリップライン 2 の熱を下方に通過させて放熱させるメンブレン層として作用する。

【 0 0 2 7 】

次に、図 5 に示すように上記 SiN 層 11 上に、超伝導材料である MgB₂ 層 (厚さ 170 nm) を成膜する。この MgB₂ 層はスパッタリングにより形成され、¹⁰B を主に含んでいる。この MgB₂ 層の一部がストリップライン 2 となる。そして、図 6 に示すように、MgB₂ 層を図 1 に示すようなメアンダ形状にエッチングする。このとき、MgB₂ 層上に形成したレジストを電子線描画し、ECR プラズマによるエッチングによって、図 1 に示すような線幅が及び線間隔が約 1 μm のメアンダ形状が得られる。次に図 7 に示すように、MgB₂ 層を保護するための保護層 (SiO) 3 を形成する。この保護層 3 を形成するのは、ストリップライン 2 を構成する超伝導材料が常温の空气中で自然酸化して超伝導特性が劣化することを防止するためである。その後、図 1 に示す電極部 1 を作製するために、保護層 3 を部分的にエッチングして MgB₂ 層を露出させる。そして、MgB₂ 層の露出部分に電極材料を堆積させることで図 8 に示す構造が得られる。

以上のようにして、中性子検出素子部 21 を構成する超伝導素子 20 において、中性子を検出する側である基材 10 の表面側の構造が作製される。

【 0 0 2 8 】

次に、図 2、図 9 及び図 10 を参照して、基材 10 の裏面側の構造について説明する。上述したように、ストリップライン 2 が形成された表面とは反対側の基材 10 の裏面側には、ストリップライン 2 中の超伝導元素と中性子との核反応による発熱の放熱性を調節する放熱調節手段 5 が設けられている。図 9 に示すのは、図 8 に示した構造の表面側及び裏面側にレジスト層 15 を塗布した後、裏面側に塗布されたレジスト層 15 の一部分を除去してマスクを形成した状態を示す。このとき、表面側にもレジスト層 15 を塗布するのは、後のエッチング工程において基材 10 の表面側に形成された保護層 3、電極部 1、ストリップライン 2 が損傷を受けないようにするためである。

【 0 0 2 9 】

図 10 に示すのは、図 9 に示した裏面側の SiO₂ 層 14 の一部をエッチングにより除去した構造である。このエッチング工程は、反応性イオンエッチング (RIE: Reactive Ion Etching) 等のドライエッチングや BHF 溶液を用いたウェットエッチングにより行うことができる。その後、図 9 のように窓部分が空いた Si 層 13 を EDP (エチレンジアミンピロカテコール) を用いた異方性ウェットエッチングで除去する。その結果、図 2 に示したような基材 10 の裏面側に Si 層 13 が取り除かれた凹部が形成されることになる。このとき、Si 層 13 がエッチングによって除去される範囲は、基材 10 の表面側にメアンダ形状のストリップライン 2 が形成された範囲に対応する。

以上のようにして、図 1 及び図 2 に示したような超伝導素子 20 を形成することができ

10

20

30

40

50

る。

【0030】

次に、上述した超伝導素子20を備える中性子検出素子部21の特性について説明する。

図1に示したように、電極部1間には、ストリップライン2に電流を流すことができる電流源、又は、流れる電流を測定することができる電流計として用いることができる電流部16と、ストリップライン2に電圧を印加することができる電圧源、又は、生じている電位差を測定することができる電圧計として用いることができる電圧部17とが接続されている。また、電流部16及び電圧部17で得られた電流値及び電位差に基づいてストリップライン2の抵抗値を導出することのできる抵抗測定手段が設けられている。従って、抵抗測定手段は電流部16、電圧部17及び信号処理部18を用いて実現可能である。

10

【0031】

後述する本発明の中性子検出装置において、中性子検出素子部21の基材10の裏面部の厚さ、すなわち本例では、Si層13をエッチングすることにより設定されるSiN層11、SiO₂層12及びSi層13(但し、Si層13の厚さはゼロにすることも可能である。)の厚さは、エッチング深さを調節することで適宜変更可能である。そして、Si層13の厚さを変えることで、ストリップライン2における核反応による発熱の放熱性を変化させることができる。ここでは基材10の裏面部の厚さ(図14におけるt1及びt2)の設定により放熱調節手段5が構成されている。そして、基材10の裏面部を厚くすることで前記放熱性を良くし、基材10の裏面部を薄くすることで前記放熱性を悪くすることができる。すなわち、基材10の裏面部を厚くすると、その裏面部によって奪い取られるストリップライン近傍の熱量が多くなる。その結果、核反応によって発生する熱量のうち、ストリップラインの付近で滞留する熱量は小さくなるものの、熱の滞留期間を短くして放熱性を良くすることができる。これにより、ストリップライン中の超伝導元素と中性子との核反応の時間分解能を向上させることができる。一方、基材10の裏面部を薄くすると、その裏面部によって奪い取られるストリップライン近傍の熱量が少なくなる。その結果、核反応によって発生する熱量のうち、ストリップラインの付近での熱の滞留期間は長くなり放熱性が悪くなるものの、滞留する熱量を大きくすることができる。これにより、ストリップライン中の超伝導元素と中性子との核反応の検出感度を高くすることができる。

20

30

【0032】

図11に示すのは、中性子検出素子部21の動作例を説明するグラフである。具体的には、電流部16において定電流を流しながら電圧部17で電圧(電位差)を測定した結果であり、特性Aは放熱調節手段5の放熱性を良くしたときの結果、及び、特性Bは放熱調節手段5の放熱性を悪くしたときの結果である。具体的には、図14におけるt1又はt2で示す部分に相当する基材10の裏面部の厚さについて、特性Aはその厚さを380[μm]としたとき、特性Bはその厚さを100[μm]としたときの結果である。図11から分かるように、特性Aでは、検出される電圧の絶対値は小さくなるものの、電圧が検出されている期間は短くなり、時間分解能が向上していると言える。また、特性Bでは、電圧が検出されている期間は長くなるものの、検出される電圧の絶対値は大きくなり、検出感度が向上していると言える。

40

【0033】

また、図12は、基材10の裏面部の厚さと出力信号の減衰期間との関係を示すグラフである。また、図13は、基材10の裏面部の厚さと出力信号ピーク電圧との関係を示すグラフである。これらのグラフに示されるように、基材10の裏面部の厚さが厚いほど出力信号の減衰時間が短く、時間分解能に優れた特性を示すことが分かる。一方、基材10の裏面部の厚さが薄いほど出力信号のピーク電圧が大きく、検出感度に優れた特性を示すことが分かる。なお、これらのグラフにおいて、2つの黒丸の点は実測値であり、破線はこれらの関係の推測値を示している。

【0034】

50

図14に示す中性子検出装置は、上述したものと同様の構成の2個の中性子検出素子部21a、21bを同一の基材10上に備えている。そして、これらの中性子検出素子部21a、21b間で、基材10の裏面部の厚さを互いに異ならせることにより、ストリップライン2における核反応による発熱の放熱性を互いに異ならせて構成されている。具体的には、図14において、右側の中性子検出素子部21aは、基材10の裏面部の厚さ t_1 が左側の中性子検出素子部21bの基材10の裏面部の厚さ t_2 より厚く構成されている($t_1 > t_2$)。これにより、右側の中性子検出素子部21aは、放熱調節手段5による放熱性を左側の中性子検出素子部21bより良くして時間分解能を向上させた分解能優先型の中性子検出素子部21となっている。すなわち、この右側の中性子検出素子部21aの放熱調節手段5は、基材10の裏面部の厚さ t_1 の設定により時間分解能を調節する時間分解能調節部7として機能する。一方、左側の中性子検出素子部21bは、基材10の裏面部の厚さ t_2 が右側の中性子検出素子部21aの基材10の裏面部の厚さ t_1 より薄く構成されている。これにより、左側の中性子検出素子部21bは、放熱調節手段5による放熱性を右側の中性子検出素子部21aより悪くして感度を向上させた感度優先型の中性子検出素子部21となっている。すなわち、この左側の中性子検出素子部21bの放熱調節手段5は、基材10の裏面部の厚さ t_2 の設定により感度を調節する感度調節部8として機能する。なお、これらの2個の中性子検出素子部21a、21bは、基材10の裏面部の厚さ t_1 、 t_2 以外の構造は互いに同じである。

図14に示す構造に形成することで、中性子検出装置は、分解能優先型の中性子検出素子部21aによる時間分解能に優れた中性子検出と、感度優先型の中性子検出素子部21bによる検出感度に優れた中性子検出との双方を行うことができる。

【0035】

図15に示すのは上記中性子検出素子部21を二次元的に複数個アレイ状に並べて配置した中性子イメージングセンサ30の概略図である。この中性子イメージングセンサ30は、ストリップライン2における核反応による発熱の放熱性を変化させたときの抵抗変化によって発生した電流信号又は電圧信号を出力する複数の中性子検出素子部21と、その信号を転送する垂直転送用CCD22及び水平転送用CCD23とで構成されている。図14に示したように複数の中性子検出素子部21間で放熱性は互いに異なっている。各中性子検出素子部21の構成は図1に示したものと同様である。したがって、電流部16、電圧部17及び信号処理部18は、複数の中性子検出素子部21のそれぞれに個別に設けられて抵抗値を測定する構成となっている。そして、信号処理部18は、ノイズフィルタ、増幅器などを用いて電流信号又は電圧信号を検出し、電流信号又は電圧信号が検出されると、その信号強度に拘わらずに一定時間の間、一定の電流を出力する。これにより、垂直転送用CCD22に電荷が蓄積される。或いは、信号処理部18は、ノイズフィルタを介して電流信号又は電圧信号を検出し、その信号強度に拘わらずに一定の信号強度に増幅して、一定時間の間、一定の電流を出力する。これにより、垂直転送用CCD22に電荷が蓄積される。そして、垂直転送用CCD22に蓄積された電荷は、水平転送用CCD23へと転送され、最終的に二次元イメージを表すデータとして出力される。その結果、二次元的な中性子検出が可能となる。なお、この中性子イメージングセンサ30を構成する複数の中性子検出素子部21、垂直転送用CCD22、及び水平転送用CCD23は、同一の基材10上に設けられた構成とすると好適である。

【0036】

図16に示すのは、上記中性子検出素子部21を二次元的に複数個アレイ状に並べて配置した中性子イメージングセンサ30であって、中性子検出素子部21間で放熱性を4段階に異ならせている場合の配置を示す説明図である。図中において、異なる模様のハッチングが施されている中性子検出素子部21は、異なる放熱性を有している。したがって、この中性子イメージングセンサ30は、4段階の時間分解能及び検出感度で中性子の検出を行うことができる。本例では、2行2列に配置された4個の放熱性の異なる中性子検出素子部21を一組の検出ユニット24として、複数組の検出ユニット24を二次元的に配置して中性子イメージングセンサ30を構成している。なお、中性子検出素子部21間で

10

20

30

40

50

放熱性を複数段階に異ならせて構成する場合、それを２段階又は３段階とし、或いは５段階以上とすることも可能である。これらの場合において、各段階の中性子検出素子部 2 1 の配置に関して、同じ段階の放熱性を有する中性子検出素子部 2 1 同士が偏って配置されないようにすると好適である。

【 0 0 3 7 】

< 別実施形態 >

< 1 >

上記実施形態において、図示した超伝送素子の材料、形状、寸法、電極部 1 0 の配置などは変更してもよい。例えば、上記実施形態では、超伝導材料としての MgB_2 を含むストリップライン 2 を形成したが、 Nb 、 NbN などの超伝導材料上又は超伝導材料下に ^{10}B 薄膜を含む化合物薄膜を蒸着したメアング形状のストリップラインを形成してもよい。また上記実施形態では、超伝導材料として MgB_2 を含み、前記ストリップライン 2 中の ^{10}B が中性子と核反応する例を示したが、これら二つの組合せの以外の組合せであってもよい。

10

また更に、ストリップライン 2 の下方に位置する基材 1 0 を構成する各層の厚さや、基材 1 0 を構成する層の数などを変更してもよい。また、ストリップライン 2 を、図 1 に示したようなメアング形状に描いたが、単なる直線などの他の形状に変更してもよい。

【 0 0 3 8 】

< 2 >

上記実施形態では、図 2 及び図 1 4 に示したように、 Si 層 1 3 をエッチングすることで形成した凹部の深さの設定により放熱調節手段を実現していたが、他の構成で実現してもよい。例えば、エッチングすることで形成した凹部に熱伝導性の良い又は悪い物質を堆積させるなどして埋め込むことで、ストリップライン 2 における核反応による発熱の放熱性を調節してもよい。

20

【 0 0 3 9 】

< 3 >

上記実施形態では、ストリップライン 2 の熱を下方に通過させて放熱させるメンブレン層が、 SiO_2 層 1 2 及び SiN 層 1 1 の積層構造によって形成される例について説明したが、メンブレン層の構造はこれに限定されない。例えば、 Si 層 1 3 上に SiO_2 層 1 2 又は SiN 層 1 1 を成膜した単層構造のメンブレン層を形成し、その上にストリップライン 2 を形成してもよい。或いは、メンブレン層を 3 層以上の多層構造としてもよい。

30

また、メンブレン層を構成する材料は、上述した SiO_2 及び SiN 以外の材料でもよい。

【産業上の利用可能性】

【 0 0 4 0 】

本発明の中性子検出装置及び中性子イメージングセンサは、例えば原子炉内における中性子検出や、中性子回折を用いた物質の構造解析などに利用できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 1 】

【図 1】中性子検出素子部の概略的な斜視図

40

【図 2】図 1 の線分 A - A における縦断面図

【図 3】ストリップラインにおける温度と抵抗値との関係を示す図

【図 4】超伝導素子の製造工程を説明する図

【図 5】超伝導素子の製造工程を説明する図

【図 6】超伝導素子の製造工程を説明する図

【図 7】超伝導素子の製造工程を説明する図

【図 8】超伝導素子の製造工程を説明する図

【図 9】超伝導素子の製造工程を説明する図

【図 1 0】超伝導素子の製造工程を説明する図

【図 1 1】中性子検出素子部の動作例を説明するグラフ

50

【図12】 基材の裏面部の厚さと出力信号の減衰期間との関係を示すグラフ

【図13】 基材の裏面部の厚さと出力信号ピーク電圧との関係を示すグラフ

【図14】 中性子検出装置の縦断面図

【図15】 中性子イメージングセンサの模式図

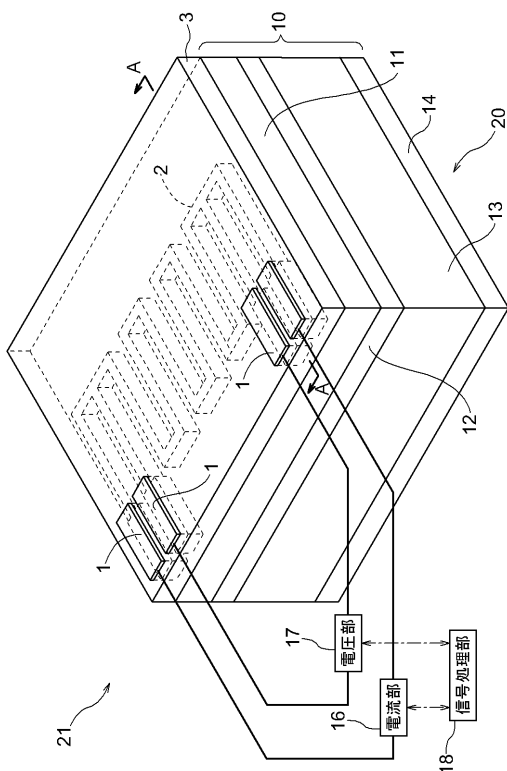
【図16】 中性子イメージングセンサにおける中性子検出素子部の配置説明図

【符号の説明】

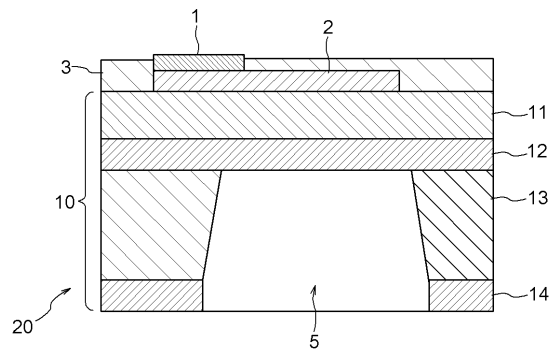
【0042】

- 1 電極部
- 2 ストリップライン
- 5 放熱調節手段
- 10 基材
- 11 SiN層(誘電体材料)
- 16 電流部(抵抗測定手段)
- 17 電圧部(抵抗測定手段)
- 18 信号処理部(抵抗測定手段)
- 20 超伝導素子
- 30 中性子イメージングセンサ

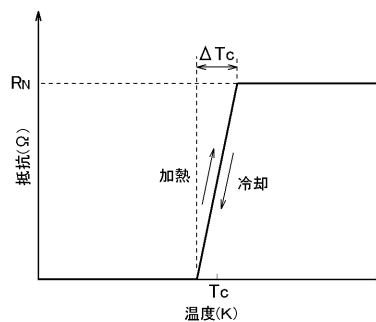
【図1】



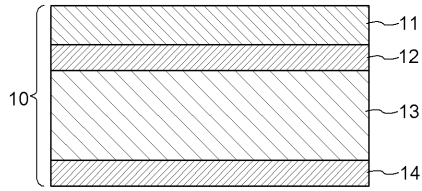
【図2】



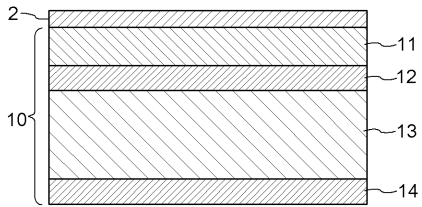
【図3】



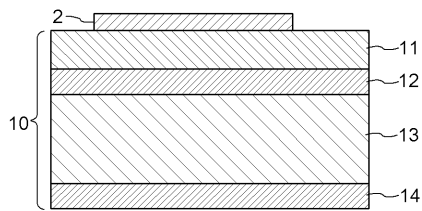
【 図 4 】



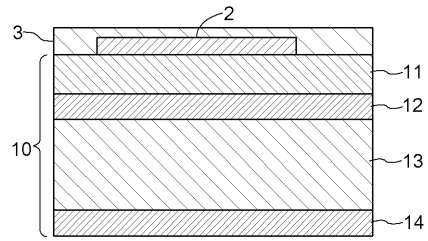
【 図 5 】



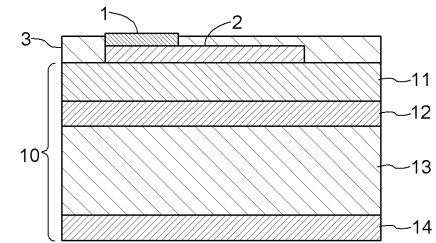
【 図 6 】



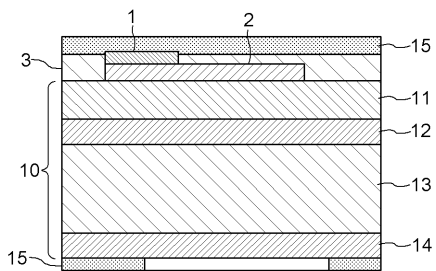
【 図 7 】



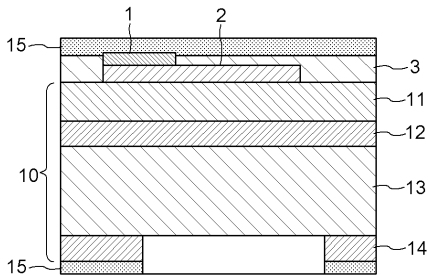
【 図 8 】



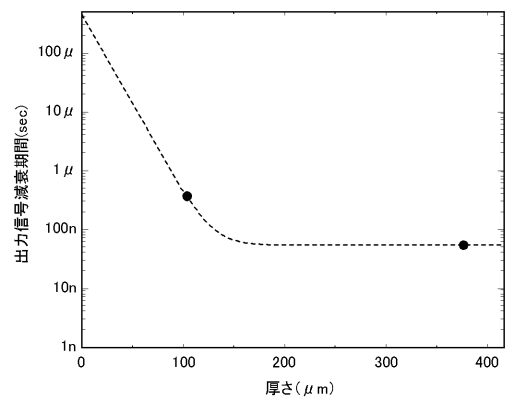
【 図 9 】



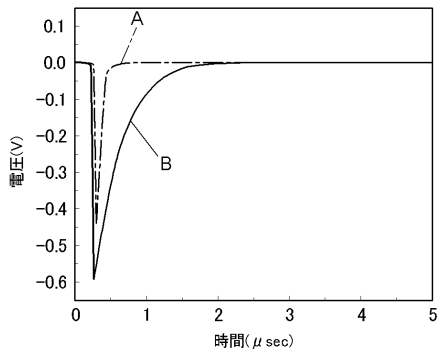
【 図 1 0 】



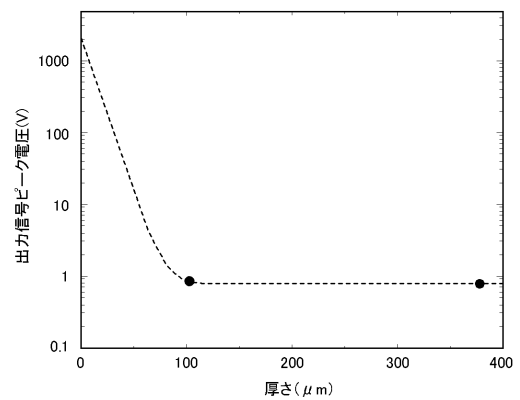
【 図 1 2 】



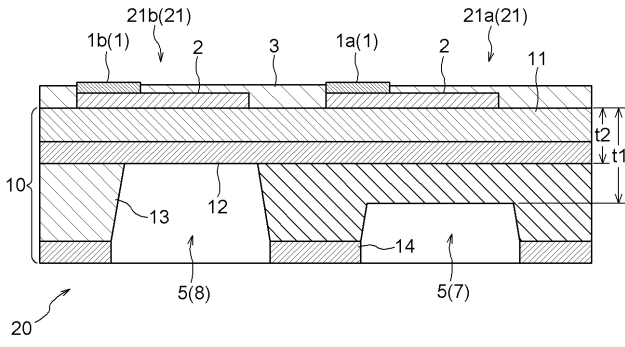
【 図 1 1 】



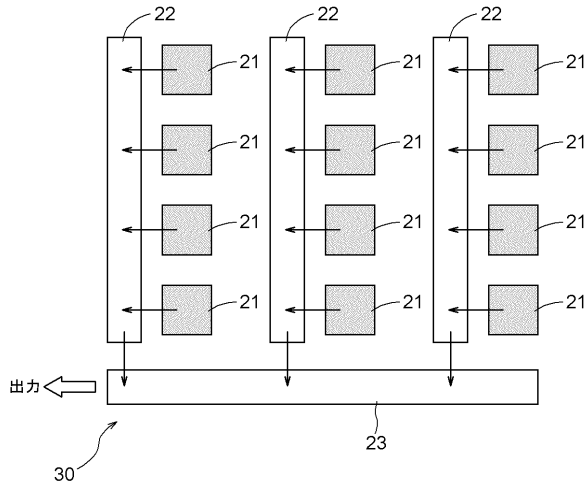
【 図 1 3 】



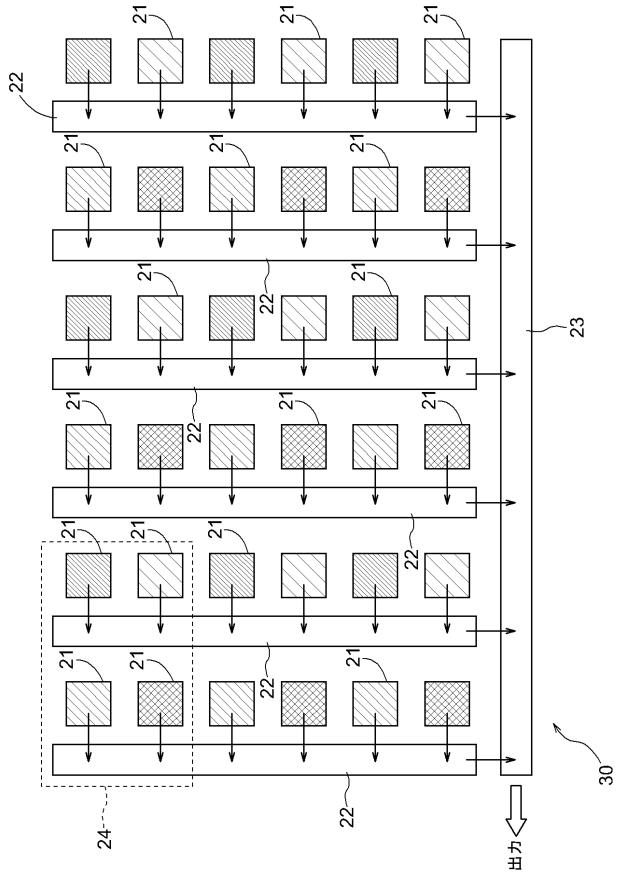
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2006/304137
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01T3/04(2006.01), G01T1/26(2006.01), H01L39/00(2006.01)		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01T3/04(2006.01), G01T1/26(2006.01), H01L39/00(2006.01)		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2006 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2006 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2006		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Shigehito MIKI et al., "Chodendo MgB2 Usumaku o Mochiita Chuseishi Kenshutsuki no Kaihatsu I", Oyo Butsurigaku Kankei Rengo Koenkai Koen Yokoshu, Vol.51, No.1, page 278, 2004	1-11
A	Shigehito MIKI et al., "Chodendo MgB2 Usumaku o Mochiita Chuseishi Kenshutsuki no Kaihatsu II", Oyo Butsurigaku Kankei Rengo Koenkai Koen Yokoshu, Vol.65, No.1, page 188, 2004	1-11
A	JP 2002-357660 A (Seiko Instruments Inc.), 13 December, 2002 (13.12.02), Full text; all drawings & US 2003/043879 A1	1-11
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 29 March, 2006 (29.03.06)		Date of mailing of the international search report 11 April, 2006 (11.04.06)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/304137

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2002-071821 A (The Institute of Physical and Chemical Research), 12 March, 2002 (12.03.02), Par. Nos. [0043] to [0044]; Fig. 11 (Family: none)	1-11
A	JP 2004-214293 A (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), 29 July, 2004 (29.07.04), Full text; all drawings (Family: none)	1-11
A	Keiichi TANAKA et al., "Yokyoku Setsugo Wafer o Mochiita Transition Edge X-ray Sensor", The Transactions of the Institute of Electrical Engineers of Japan, Vol.122-E, No.11, pages 517 to 522, 2002	1-11
P,A	JP 2005-286245 A (Japan Science and Technology Agency), 13 October, 2005 (13.10.05), Full text; all drawings (Family: none)	1-11

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2006/304137									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01T3/04(2006.01), G01T1/26(2006.01), H01L39/00(2006.01)											
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G01T3/04(2006.01), G01T1/26(2006.01), H01L39/00(2006.01)											
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2006年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2006年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2006年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2006年	日本国実用新案登録公報	1996-2006年	日本国登録実用新案公報	1994-2006年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2006年										
日本国実用新案登録公報	1996-2006年										
日本国登録実用新案公報	1994-2006年										
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)											
C. 関連すると認められる文献											
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号									
A	三木茂人他, 超伝導MgB ₂ 薄膜を用いた中性子検出器の開発 I, 応用物理学関係連合講演会講演予稿集, VOL. 51, NO. 1, p278, 2004	1-11									
A	三木茂人他, 超伝導MgB ₂ 薄膜を用いた中性子検出器の開発 II, 応用物理学会学術講演会講演予稿集, VOL. 65, NO. 1, p188, 2004	1-11									
A	JP 2002-357660 A (セイコーインスツルメンツ株式会社) 2002. 12. 13, 全文, 全図 & US 2003/043879 A1	1-11									
☞ C欄の続きにも文献が列挙されている。		☞ パテントファミリーに関する別紙を参照。									
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献									
国際調査を完了した日 29. 03. 2006		国際調査報告の発送日 11. 04. 2006									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 青木 洋平 電話番号 03-3581-1101 内線 3274	2M 3104								

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2006/304137

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2002-071821 A (理化学研究所) 2002. 03. 12, 第【0043】 - 【0044】 段落, 第 11 図 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2004-214293 A (独立行政法人産業技術総合研究所) 2004. 07. 29, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-11
A	田中啓一他, 陽極接合ウエハーを用いた Transition Edge X-ray Sensor, 電気学会論文誌, VOL. 122-E, NO. 11, p517-522, 2002	1-11
P, A	JP 2005-286245 A (独立行政法人科学技術振興機構) 2005. 10. 13, 全 文, 全図 (ファミリーなし)	1-11

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
H 0 1 L 27/148 (2006.01) H 0 1 L 27/14 B

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(74)代理人 100120352

弁理士 三宅 一郎

(72)発明者 佐藤 和郎

大阪府和泉市いぶき野 1 1 6 8

(72)発明者 四谷 任

大阪府堺市赤坂台 5 9 6

(72)発明者 石田 武和

大阪府和泉市いぶき野 1 丁目 2 1 1 9

(72)発明者 三木 茂人

大阪府堺市中百舌鳥町 2 丁 3 4 番地山本グリーンヴィレッジ I I 4 0 5 号

Fターム(参考) 2G088 EE29 FF09 GG21 GG22 JJ05 JJ09 JJ31

4M118 AA01 AA10 AB01 BA10 CA15 CA32 CA35 CB05 FA06 GA10

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。